

CONCEPTOS ESTRUCTURANTES: REFLEXIONES TEÓRICAS Y PROPUESTAS PRÁCTICAS PARA ORGANIZAR LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Structuring Concepts: Theoretical Reflections and Practical Proposals to Organize Science Teaching

Conceitos estruturais: reflexões teóricas e propostas práticas para a organização do ensino das ciências naturais

Adrián Galfrascoli¹

Fecha de recepción: 07 de Septiembre de 2015

Fecha de aprobación: 25 de abril de 2016

Resumen

La enseñanza de las ciencias naturales viene atravesando una crisis desde hace ya décadas. Según los especialistas, dicha crisis se reconoce al analizar el número decreciente de estudiantes que eligen seguir carreras científicas en instituciones superiores y en el desinterés manifiesto de los alumnos del Nivel Medio por las disciplinas que conforman el área. A pesar de que realizaron grandes aportes desde el campo de la psicología del aprendizaje, la didáctica de la ciencia, la sociología, la filosofía y la historia de la ciencia, para mejorar la comprensión de los procesos de enseñanza y aprendizaje de contenidos científicos, el problema parece persistir. Uno de esos aportes interesantes es, a nuestro entender, la noción de *conceptos estructurantes*. En este artículo presentamos una propuesta innovadora para la enseñanza de esta noción en el Nivel Superior, desarrollada en Santa Fe, Argentina. En nuestra experiencia elaboramos, implementamos y evaluamos una secuencia de enseñanza que incluye una analogía, con el objeto de facilitar la comprensión de esta categoría conceptual a los futuros profesores de primaria. La propuesta surge como una alternativa que supere las problemáticas generadas por los currículos excesivamente extensos. Luego exponemos algunas ideas relacionadas con el papel que los conceptos estructurantes deben jugar en la organización de los contenidos del currículo científico.

Palabras clave: conceptos estructurantes; didáctica de la ciencia; enseñanza de la ciencia; formación de maestros; ciencias naturales.

Abstract

Natural sciences teaching is going through a crisis since decades ago. According to experts, this crisis is recognized by analyzing the decreasing number of students who choose to pursue scientific careers in higher education institutions, and secondary school students clear disinterest in the disciplines that the area comprises. Although there were great contributions in the field of learning psychology, science didactics, sociology, philosophy and history of science, the problem seems to persist. One of those interesting contributions is, in our view, the notion of *structuring concepts*. This article presents an innovative approach to teaching this notion at Higher education, developed in Santa Fe, Argentina. We prepared, implemented and evaluated a teaching sequence that included an analogy, in order to facilitate understanding of this conceptual category to future primary teachers. The proposal arises as an

1 Profesor en Ciencias Naturales (ISP N° 4). Especialista en Constructivismo y Educación (FLACSO) y maestrando en didáctica de las ciencias experimentales (FBCB-UNL). Docente del Nivel Superior desde 2003. Miembro de varios equipos de asesoramiento y formación continua.

alternative that overcomes problems generated by too extensive curricula. Then we present some ideas related to the role that structuring concepts should play in organizing science curriculum contents.

Keywords: structuring concepts; science didactics; teaching of science; teacher training; natural sciences.

Resumo

O ensino das ciências naturais vem atravessando uma crise faz décadas. Segundo os especialistas, dita crise evidencia-se ao analisar o número decrescente de estudantes que escolhem ter formação científica em ensino superior, bem como o desinteresse que apresentam os alunos de ensino médio diante disciplinas desta área de formação. Devemos reconhecer os grandes investimentos desde campos como a psicologia do aprendizado, a didática das ciências, a sociologia, a filosofia e a história da ciência, no entanto, o problema continua. Dentre os aportes mencionados, damos destaque para o tema da noção de conceitos estruturais. Neste artigo apresentamos uma proposta inovadora para o ensino desta noção no ensino superior, desenvolvida em Santa Fe, Argentina. Esta experiência consistiu em uma sequência didática a qual foi construída, desenvolvida e avaliada, incluindo uma analogia, teve como objetivo facilitar a compreensão desta categoria conceitual para os futuros professores do ensino para series iniciais A proposta emerge como uma alternativa que supere os problemas que gera currículos muito amplos. Depois apresentamos algumas ideias relacionadas com a função que têm os conceitos estruturais tais como a organização dos conteúdos do currículo científico.

Palavras chave: conceitos estruturais; didática das ciências; ensino de ciências; formação de professores; ciências naturais

Introducción

En Argentina, la Carrera de Profesorado para la Educación Primaria puede cursarse tanto en instituciones universitarias como en Institutos Superiores de Formación Docente, dependientes de los distintos Ministerios de Educación de las Provincias. Santa Fe, una de las provincias de la región centro, cuenta con una red de Institutos de Educación Superior (Ley 26.206), en los que desde 2009 viene implementándose un plan de estudios del Profesorado de Educación Primaria, de cuatro años de duración. Ese plan contempla dos espacios curriculares específicos para el abordaje de la enseñanza de las ciencias naturales. Uno de ellos, en el segundo año de la carrera, y el otro en tercero, se denominan Ciencias Naturales y su Didáctica I y II, respectivamente.

Entre los temas que se sugieren como objeto de enseñanza en estos espacios se menciona explícitamente: “la importancia y la problemática de los contenidos y sus formas de organización. Articulación, selección y secuenciación de contenidos” (Ministerio de Educación de Santa Fe, 2009, p. 69). En relación con eso, en la cátedra que llevamos adelante en el Instituto Superior de Profesorado N° 4, de Reconquista, hemos seleccionado la noción de *conceptos estructurantes* (Gagliardi, 1986, 1995) como categoría para analizar la organización de los contenidos en el currículo de Primaria. Después de tres años de trabajo con ella, hemos identificado que los estudiantes presentan dificultades para comprender tanto su significado como su potencialidad pedagógico-didáctica.

En este artículo presentamos algunas reflexiones que hemos elaborado en un intento por articular nuestra práctica de la enseñanza con algunos aportes teóricos que consideramos relevantes. Dividimos el texto en dos partes. En la primera expondremos, narrativamente, el desarrollo de una experiencia desarrollada con estudiantes del Nivel Superior que se están formando para desempeñarse como maestros en escuelas primarias. Intentaremos mostrar las potencialidades de una analogía que hemos empleado para favorecer la comprensión de la noción de conceptos estructurantes. En la segunda parte brindaremos argumentos a favor del empleo de los conceptos estructurantes para organizar los contenidos de enseñanza de las ciencias naturales y elaborar propuestas curriculares racionales y razonables (Izquierdo, 2004).

Desarrollo

Ya señalamos en la introducción que los nuevos diseños curriculares para la formación de maestros de la Provincia de Santa Fe plantean como competencia para desarrollar por parte de los futuros docentes de escuelas primarias

la habilidad para seleccionar, organizar y secuenciar los contenidos de enseñanza. Esta no es una tarea de sencilla resolución, ya que son múltiples los criterios de selección de los contenidos: lógicos, psicológicos, culturales (Buffa, 2011), y, además, porque la tradición más arraigada produce currículos sobrecargados de contenidos (sobre todo, los de naturaleza declarativa), lo cual, para numerosos autores, ha sido un factor que condujo a la crisis actual de la educación científica.

En las cátedras que llevamos adelante en el Instituto N° 4, identificamos que la noción de conceptos estructurantes (Gagliardi, 1986) puede ser una herramienta poderosa para desarrollar dicha habilidad.

Por ello, durante el año 2015 hemos diseñado una serie de actividades en torno a una analogía, para abordar lo que entendemos por concepto estructurante, o *metaconcepto* (Galfrascoli, 2014; Liguori & Noste, 2005; Merino, 2004), con los futuros maestros, que ha arrojado resultados positivos en términos de una mejor comprensión.

En nuestra secuencia, y siguiendo una investigación que realizaron Giordan y De Vecchi (1995), solicitamos a los estudiantes que pidieran a niños de entre cinco y nueve años dibujar por dónde recibe los nutrientes (la comida o el *aire*) el feto humano, y que registraran sus comentarios u observaciones. Luego analizamos los dibujos y los comentarios hechos por los niños con una perspectiva constructivista y elaboramos una serie de conclusiones, entre las que destacamos las siguientes:

- No hay dos dibujos exactamente iguales, pero se puede reconocer un modelo compartido. En dicho modelo existe una conexión anatómica entre feto y madre; cuando se pretende explicar la nutrición, la comunicación se extiende de la zona umbilical del nonato al estómago de la madre; en cambio, cuando se exponen las ideas sobre la provisión de aire (oxígeno), la comunicación va desde la zona nasal a los pulmones o a las vías aéreas superiores de la madre.
- Lo anterior es porque cada sujeto se apropia de un nuevo saber desde sus propios esquemas cognoscitivos. Dentro del marco del constructivismo, un esquema es entendido como una representación de un concepto o de una situación concreta (Carretero, 2012). Por medio de estos esquemas, cada sujeto actúa sobre la realidad asimilándola; pero como los esquemas son el producto de las experiencias de cada sujeto, existen muy bajas probabilidades de encontrar dos iguales. En palabras de Castorina:

Los esquemas de acción, y según creemos las teorías e hipótesis de los niños y los alumnos sobre el mundo natural y social “estructuran” el objeto de conocimiento. Pero a la vez, este último interviene porque es la fuente de los “datos” que elabora el sujeto y constituye una resistencia a sus hipótesis. (Castorina, 2003, p. 21)

- Estos esquemas son personales.
- Muchos niños emplean analogías para explicar la nutrición del feto.

Respuestas de algunos niños entrevistados por estudiantes de Educación Primaria:

- ¿Cómo consiguen el alimento los niños antes de nacer?
 - “Hay como una manguerita que lo trae desde el estómago de la mamá”.
 - “Le llega por una vena desde las tetas”.
- ¿Cómo consiguen aire los niños antes de nacer?
 - “Hay un tubito que sale del ombligo y va hasta los pulmones de la mamá”.

- A pesar de que los niños conocen la existencia del cordón umbilical, no pudieron establecer la función que cumple, ni lo relacionan con la placenta.

Entendemos que las explicaciones que los niños elaboran sobre los fenómenos naturales no son producto de su mera imaginación, sino que surgen de una mente curiosa, inquieta y observadora. Los niños emplean su razonamiento para crear los modelos desde los cuales interpretan la realidad, pero en el proceso que ponen en práctica para aprender activan un esquema incorrecto de asimilación, y, por lo tanto, los aprendizajes que adquieren se alejan de los modelos explicativos elaborados por la ciencia. Se trata de ideas alternativas cuyo origen se asocia a tres fuentes (Pozo, Sanz, Gómez Crespo & Limón, 1991):

- Al mundo social y cultural inmediato del niño.
- A las percepciones y las observaciones que ha realizado en su vida cotidiana.
- Al empleo de analogías.

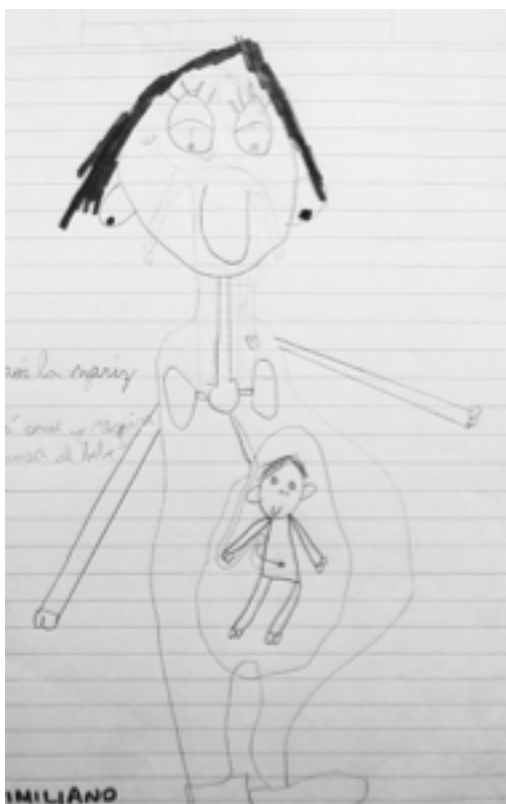


Figura 1. Representación de un niño de 9 años sobre la nutrición del feto.



Figura 2. Representación de un niño de 5 años sobre la nutrición del feto.

Una vez realizamos este trabajo, solicitamos a los futuros maestros que imaginen un pequeño poblado o una ciudad de principios del siglo pasado, con fuertes tradiciones, y en el que las familias hacen las compras en un mercado central. Les ofrecemos una imagen (ver figura 3), los ponemos en situación de pensar que este caso se empleará con niños del Nivel Primario y los orientamos de la siguiente manera:

Si el objetivo de una clase fuera comprender cómo es el proceso de obtención de alimentos en este poblado, y los objetos de enseñanza (contenidos) por desarrollar fueran: tipos de alimentos; modos de preparación; transformaciones; medios de transporte utilizados; distancias (longitud) y unidades de medida; moneda empleada; comparación de longitudes; selección del camino más corto; procedimientos para procesar alimentos; respeto por las normas viales; actitud crítica; valoración de las normas de convivencia comunitaria, etc., las ideas implícitas con las que el aprendiz se acerca al objeto de aprendizaje podrían ser:

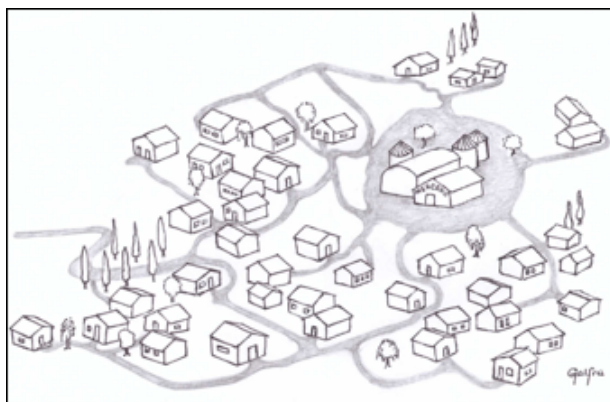


Figura 3. Ilustración de un poblado con mercado central.

- Que por lo menos una persona de cada casa tiene que trasladarse hasta el mercado.
- Que debe haber un medio físico que facilite el acceso y la comunicación (camino o senda).
- Que los medios para trasladarse pueden ser diferentes.
- Que si el medio es el mismo lo esperable es que a mayor distancia entre la casa y el centro comercial, más tiempo requerirá para llegar al mercado.
- Que la frecuencia con que lo hace puede variar.
- Que debe llevar dinero para abonar su compra y una bolsa para traer la mercadería en caso que el mercado no la brinde.
- Que, puesto que el mercado ocupa el centro del territorio, la distancia que lo separa de cada casa será diferente.

- Que, por lo tanto, también lo serán los recorridos que cada consumidor haga desde su hogar al centro.
- Entre otras tantas.

Imaginemos que entre las actividades que se ofrecen al aprendiz se presente un cuestionario con una serie de preguntas por resolver:

- ¿El ancho de las calles o los senderos debería ser el mismo en todo el pueblo? ¿Por qué?
- ¿Cómo imaginas la distribución de las calles en el poblado? Esquematízalo.
- ¿Qué familias tienen que recorrer mayor distancia para llegar al mercado?
- ¿Qué medio de transporte familiar sería más conveniente para trasladar grandes cantidades de mercadería al hogar?
- ¿Con qué frecuencia habría que trasladarse al mercado para comprar, por ejemplo: a) pan; b) carnes; c) perfume?

Si el lector hace el ejercicio de responder mentalmente dichas cuestiones y las comparamos con las de otros lectores, seguramente encontraremos varias coincidencias. Esto suele ocurrir entre personas que comparten una profesión, y en nuestro caso, porque estamos pensando en esa situación desde nuestras matrices profesionales y, también, desde nuestros saberes cotidianos.

Desde la concepción constructivista, se sostiene que los estudiantes también se enfrentan a un nuevo objeto de conocimiento desde sus saberes previos, los que suelen diferir (a veces, notoriamente) de los saberes de la ciencia (Driver, 1993) y de los esperados por el profesor (Driver & Oldham, 1988). Y como cada uno de ellos tiene una biografía personal e irrepetible, aunque las experiencias de aprendizaje hayan sido las mismas para todos los niños del grupo, no es común encontrar dos representaciones exactamente iguales.

Al llegar a este momento de la secuencia, los futuros maestros se plantean que los niños pueden razonar de la siguiente manera: las distintas familias de la ciudad necesitan adquirir sus alimentos; para ello, recurren al mercado local. Entre este y cada hogar, hay una senda o camino de comunicación; entonces, si el bebé necesita alimento y el estómago de la mamá es donde se lo busca, habrá una estructura anatómica que los comunica; en este caso, *una manguerita*. Con base en los dibujos recogidos, suponen también que, de manera análoga, razonan cuando se les consulta por el aire que necesita el bebé por nacer.

Contrastan dichas suposiciones con los aportes de Giordan y De Vecchi, quienes han tenido oportunidad de explorar a fondo las ideas alternativas de los niños respecto a la vida del embrión y del feto. Estos autores señalan que no solo hay confusión en el empleo del vocabulario o de ciertas nociones respecto al lugar de desarrollo del embrión, sino que “la vida del futuro bebé también plantea problemas, en concreto a los niños, sobre todo en lo que concierne a su nutrición y respiración” (Giordan & De Vecchi, 1995, p. 150).

¿Qué obtura el aprendizaje de Maximiliano sobre la nutrición del embrión? ¿Por qué transforma lo que ha oído en clases en una representación diferente? ¿Qué elemento impide que pueda comprender de dónde obtiene el feto el “aire” o los nutrientes? En el momento de hacernos tales preguntas, apelamos a la lectura de un fragmento del texto de Gagliardi (1986), para quien el elemento indispensable para que Maxi pueda construir las relaciones adecuadas es un *concepto estructurante*; esto es, una noción con alto poder de integración multidisciplinar que posibilitaría armar una red de relaciones (Martín del Pozo, 1995; Merino, 1998); o sea, construir nuevos significados. La apropiación de un concepto estructurante le permitiría al estudiante superar los obstáculos que se le presentan en la construcción del conocimiento escolar (Martín del Pozo, 1995). “Una vez que han sido contruidos por los alumnos determinan la transformación de sus sistemas de conceptos, favoreciendo con ello su aprendizaje” (Aguilar, 2012, p. 75). Después de una reflexión grupal, les proponemos a los estudiantes seguir pensando con la siguiente fase de actividad:

Imaginemos por un momento que ahora es el lector el docente encargado de llevar adelante una propuesta de enseñanza para alcanzar el objetivo que hemos anunciado más arriba: *que los estudiantes comprendan cómo es el proceso de obtención de alimentos en este poblado*, pero nosotros le pedimos que lo haga con una pequeña modificación:

El único mercado del pueblo no es un autoservicio; funciona únicamente con un sistema de *delivery*.

Se produce aquí una modificación sustancial de la situación, a partir de un solo concepto: el de *delivery*, que impone una forma radical de entender tal situación, la reconfigura. Es el momento de proponer un nuevo intercambio en grupos. Para ello, les sugerimos las siguientes cuestiones: ¿Cambia el punto de vista desde el que comprende el lector? ¿Cambian los supuestos y las ideas implícitas de partida? ¿Tienen sentido las preguntas que se han presentado en la actividad? ¿Serán los mismos los

significados contruidos? ¿Se trata de la misma analogía, o, por el contrario, es un nuevo enfoque, un nuevo modelo para tratar de comprender el objeto? ¿Se reconfigura la red desde la que se pretendía alcanzar la comprensión?

Si concebimos que un concepto estructurante es “un concepto cuya construcción transforma el sistema cognitivo, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformar incluso los conocimientos anteriores” (Gagliardi, 1986, p. 31), entonces en el ejemplo que venimos desarrollando, el *sistema de delivery* sería nuestro concepto estructurante. Bajo el sistema de *delivery*, cobra relevancia la *entrega* de alimentos, la distribución de los nutrientes, y ya no la búsqueda en el mercado o el autoservicio. Estaríamos activando un esquema diferente de asimilación y modificando nuestro sistema cognitivo. Ello posibilitaría construir nuevos significados, establecer nuevas relaciones, darles relevancia a otros factores, reorganizar la información de otra manera, etc., pues los conceptos estructurantes “van a transformar el sistema cognitivo del alumno de tal manera que le van a permitir, de una forma coherente, adquirir nuevos conocimientos, por construcción de nuevos significados, o modificar los anteriores, por reconstrucción de los significados antiguos” (García Cruz, 1998, p. 325). Al substituir el metaconcepto autoservicio por el de *delivery* en nuestra analogía, los estudiantes del Profesorado de Educación Primaria experimentan, de manera consciente, un acontecimiento que no suele serlo. Es el momento oportuno para hacer notar la relevancia de indagar las ideas previas, y resaltar que al apropiarse de un concepto estructurante, el niño de la escuela primaria se encuentra en otras condiciones para aprender, teniendo presente que

El alumno da un significado a lo que percibe, en función de lo que ya conoce (su sistema de significación). El mismo fenómeno será interpretado en forma totalmente distinta si el sistema de significación es diferente. Cuando se construye un concepto estructurante se cambia el sistema de significación, permitiendo incorporar cosas que antes no se tomaban en cuenta o se les daba otro significado. (Gagliardi, 1986, p. 31).

A través de este nuevo prisma, ¿Cuáles son los saberes que adquieren relevancia a partir de esta nueva forma de concebir el fenómeno? ¿Cuáles son los que pasan a un segundo plano?

Nuevas preguntas, nuevas ideas.

Si el sistema es de *delivery*, ¿cómo se realiza el pedido? ¿Por qué medio? ¿Con cuánta anticipación hay que realizarlo? ¿Cómo y quién transporta la mercadería?

¿Cuánto demora? ¿Tiene costo el transporte? ¿Cómo se realiza el pago de la mercancía? ¿Qué comprobantes se emiten? Etc.

Como forma de evaluar, solicitamos a los estudiantes que elaboren una tabla a doble entrada, en la que pudieran comparar las preguntas elaboradas antes y con las elaboradas después de incorporar el concepto de *delivery*, y que redactaran una reflexión grupal a modo de conclusión.

Finalizamos la secuencia proponiendo la lectura del artículo completo de Gagliardi (1986), en el que se incorporan los fundamentos teóricos de la noción de conceptos estructurantes.

Volviendo al caso de la nutrición del feto, existiría un elemento relevante para favorecer la comprensión del modelo escolar; este elemento es *sistema de transporte*:

Cuando se comprende que hay un sistema que lleva el oxígeno y los alimentos a todo el organismo se puede comprender muy bien que el feto debe estar conectado con el sistema circulatorio de la madre, y comprender la función del cordón umbilical y de la placenta. El concepto de sistemas de transporte que conecta todo el organismo es un ejemplo de lo que llamamos un «concepto estructurante». (Gagliardi, 1986, p. 31).

Con la analogía que proponemos a nuestros estudiantes del nivel superior, los ayudamos a pensar en el sistema de transporte sanguíneo como el sistema de entregas (*delivery*); cada una de las células de nuestro organismo recibe, gracias a la circulación sanguínea, no solo los nutrientes y el oxígeno requeridos para el metabolismo celular, sino también, hormonas, anticuerpos y otras sustancias necesarias para su buen funcionamiento. “De allí que su construcción permitiría la comprensión más profunda del papel del corazón y los vasos y la presión sanguíneos, la frecuencia cardíaca, su variación con la actividad física, el intercambio que ocurre a nivel tisular, etc.” (Galfrascoli, 2014, p. 49).

La elaboración del currículo de ciencias a partir de los conceptos estructurantes

Con solo hacer un recorrido rápido por la sección de Ciencias Naturales de los diseños curriculares vigentes, podemos constatar que los contenidos conceptuales siguen conformando largas listas de saberes que los estudiantes deben incorporar (Astolfi, 1993; González García, 1992; Morales, 2009). Esto es así a pesar de que hace décadas ya no se concibe el aprendizaje como la

capacidad de reproducir información de manera mecánica y se aconseja recortar la extensión de los contenidos seleccionando los saberes verdaderamente significativos para una sociedad que demanda, cada vez más, una formación obligatoria que prepare al futuro ciudadano para el ejercicio pleno del derecho a elegir, y olvidando que “el aprendizaje científico puede ser una aventura intelectualmente interesante, en la que todos y todas tienen derecho a participar (Pujol, 2007, p. 52).

Esto ha llevado a decir a algunos especialistas que la enseñanza de las ciencias ha entrado recientemente en una crisis (Pozo & Gómez Crespo, 1998), después de haber experimentado un periodo de expansión y esplendor cuyo origen se remonta al lanzamiento del *Sputnik*, en el contexto de la Guerra Fría (Vázquez, Acevedo & Manassero, 2005). Estos autores sostienen que:

...puede decirse que el diagnóstico de la actual crisis de la enseñanza de las ciencias y la frustración de los estudiantes ante la ciencia escolar sugiere causas bien conocidas, como son: (1) currículos excesivamente recargados, desfasados y poco relevantes, (2) contenidos difíciles y aburridos (...) (Vázquez et al., 2005, p. 4).

Se señalan también como factores asociados a la crisis la imagen distorsionada de la ciencia que transmiten los libros de texto, la visión deformada (Fernández, Gil Pérez, Valdés & Vilches, 2005) y estereotipada (Adúriz-Bravo, 2005; Merino, 1998) del científico —a quienes los medios de comunicación suelen presentar como *hombres, muy inteligente y muy trabajadores* (Pujol, 2007) — y la escasa capacidad innovadora del profesorado.

Parece ser que poco ha cambiado desde 1986, cuando Gagliardi (1986) decía:

Es así que los programas de biología son generalmente largos, y que una mayoría de los alumnos sólo recuerda algunos nombres raros, pero no adquiere los conceptos que puedan permitirle continuar su aprendizaje si así lo desea, o, por lo menos, tener un panorama global del funcionamiento y las propiedades de los sistemas vivientes. (p. 32).

Ósmosis, fenómeno físico, difusión, sustancia, soluto, solvente, membrana permeable, etc., son algunos de los *nombres raros* que adornan las listas de contenidos conceptuales de los programas (en el sentido tradicional del currículo), y que se pretende que los estudiantes memoricen y reproduzcan cuando sea necesario, lo cual no suelen poder hacer, y ello genera la frustración a la que aluden Vázquez et al., y desarrolla actitudes negativas hacia la ciencia. Coincidimos con Morales (2009) en que “en la

enseñanza de las ciencias es común encontrar programas saturados por conceptos y en consecuencia los alumnos no logran comprender las temáticas, por lo cual éstas son olvidadas con gran facilidad” (p. 188). Así pues, esa frustración que siente el alumno se transforma también en frustración para el profesor: “es irritante y muy desalentador que los alumnos no posean la información que supuestamente ‘deberían’ tener” (Perkins, 2003, p. 32). Ese conocimiento olvidado más el conocimiento inerte (el que los estudiantes poseen, pero no pueden emplear en contextos diferentes) forman parte de lo que Perkins (2003) denominó el síndrome del conocimiento frágil.

¿Cómo favorecer mayores niveles de comprensión en los estudiantes? ¿Cuáles son las competencias que demanda la profesión de enseñante en este contexto? Coincidimos con Pozo en que “la labor del profesor es en buena medida ayudar al alumno a explicar o redescubrir sus propias concepciones implícitas, contrastándolas con otras concepciones explícitas, a través del diseño de ciertos escenarios y actividades de enseñanza” (Pozo, 1999, p. 518), lo cual implicaría revisar el modelo de profesor que expone a los alumnos lo que sabe; la explicación por parte del profesor se resignificaría pasando de un aula en la que se escucha una sola voz (la del docente) a una en la cual “el discurso del profesor no podrá ser nunca unidimensional sino que tendrá que incorporar diferentes voces, o modelos (...) [y en el que] la labor del alumno tampoco será ya repetir o recitar lo explicado por el profesor, sino argumentarlo, redescubrirlo en función de sus propias teorías implícitas que, con ello, se irán también redescubriendo, explicitando y reestructurando” (Pozo, 1999, p. 518).

El trabajo didáctico con conceptos estructurantes que puede llevar adelante el profesor de ciencias parece volverse un camino no solo alternativo, sino necesario, si se pretende alcanzar mejores resultados de aprendizaje, entendidos como una mejor comprensión de los fenómenos naturales. Sobre todo, para los docentes que asumen, como Gagliardi (1986), que “es más importante permitir que [el alumno] construya algunos conceptos que provoquen la transformación conceptual, que obligarlo a memorizar una cantidad de cosas que para él no tienen sentido” (p. 32). Recordemos que el aprendizaje de hechos es de naturaleza “todo o nada”; es decir, o se conoce cuál es el punto de ebullición del agua o no se lo conoce. Pero la comprensión no obedece a esa regla del todo o nada: la comprensión es un proceso gradual que admite diferentes niveles de profundidad y análisis (Pozo, 2010; Pozo y Gómez Crespo, 1998). Para facilitar ese proceso de construcción gradual, de mejoramiento de la comprensión de los estudiantes, los conceptos estructurantes se volverían una herramienta de valor singular.

Parece ser la opinión de especialistas en didáctica de las ciencias, como Graciela Merino, que el uso de los conceptos estructurantes como organizadores del currículo del área tiene la ventaja de permitir la construcción de una red de relaciones entre conceptos de menor alcance, provenientes de las distintas disciplinas que la conforman. La autora sostiene que “conceptos como SISTEMA, INTERACCIÓN, UNIDAD/DIVERSIDAD y CAMBIO constituyen referentes válidos para articular la amplia gama de contenidos de las Ciencias Naturales y las relaciones posibles entre ellos, facilitándole al docente la tarea de organizar la enseñanza” (Merino, 1998, p. 90). Así, por ejemplo, se pueden comprender un átomo, una molécula o un cuerpo como un sistema; es decir, como un conjunto de elementos que presentan ciertas relaciones entre sí que le imprimen una determinada organización y posibilitan que el todo presente algunas propiedades que no pueden encontrarse en los elementos aislados. Pero también pueden comprenderse desde este: el sistema nervioso central, los ecosistemas, el sistema solar y los sistemas materiales homogéneos o heterogéneos, entre otros tantos objetos de enseñanza en cuya denominación no aparezca tan evidentemente el término sistema.

En la misma dirección fluyen los argumentos de Liguori y Noste (2005). Las autoras sostienen que metaconceptos como los señalados por Merino “son conceptos más generales que los específicos de cada disciplina y de mayor nivel de abstracción, comunes a distintas disciplinas del área e incluso a distintas áreas, y permiten, por esto, una visión más amplia de la realidad” (pp. 45-46). Teniendo esto en cuenta, pensamos que tanto el diseño del currículo como la enseñanza de las ciencias desde una concepción que incorpore los conceptos estructurantes permitirían superar la fragmentación profunda que caracterizó la educación más tradicional y enciclopedista, a la vez que posibilitaría construir redes y entramados conceptuales en los que la nueva información sería más fácilmente asimilable.

En Martín del Pozo (1995) encontramos argumentos para sostener esta idea. Al hacer referencia a los conceptos metadisciplinares, la autora señala:

Tener presentes estos organizadores posibilita una visión más amplia y coherente del campo conceptual asociado a un determinado tópico, puesto que los conceptos metadisciplinares son:

- Los conceptos de más alto nivel a la hora de establecer una jerarquía conceptual.
- Los nudos básicos de una red o trama conceptual que permiten establecer relaciones entre conceptos.

- Los ejes orientadores de una posible progresión en la construcción del conocimiento para establecer diferentes niveles de formulación.” (p. 40).

Lograr una visión integrada de los contenidos de biología, física, química, astronomía y geología constituiría todo un desafío que los profesores de ciencias deberían asumir si, como ya dijimos, de lo que se trata es de combatir el síndrome del conocimiento frágil y de generar actitudes positivas hacia la ciencia y su hacer. La integración de los contenidos en una propuesta como la que estamos pensando, más que un desafío por asumir, constituye, para algunos especialistas, una necesidad pedagógica (Fumagalli, 1997). La autora plantea que esto es así porque “al integrar las miradas particulares de cada disciplina estableciendo nexos conceptuales entre las mismas se favorece la construcción de conceptos más amplios y profundos” (Fumagalli, 1997, p. 45). Satisfacer esa necesidad, priorizar la construcción de significados antes de que la memorización mecánica de nombres y procesos a los cuales los estudiantes no encuentran sentido, son acciones que implicarían una ruptura epistemológica por parte de los profesores en la forma de concebir el aprendizaje, y un giro metodológico.

Si coincidimos con Gonzáles García (1992) en que “el conocimiento que tenemos de un área determinada consiste en la construcción de conceptos de aquel área en un sistema coherente y ordenado (Novak, 1980)” (p. 150), podemos entender la urgencia de encontrar una estrategia general que facilite dicha construcción en las condiciones señaladas por Novak. Numerosos autores e investigaciones confirman que los mapas y las redes conceptuales reúnen las condiciones necesarias para representar explícitamente las múltiples relaciones que el sistema cognitivo humano establece cuando se ha aprendido significativamente.

En ello radica, precisamente, la mayor potencialidad de la noción de conceptos estructurantes: facilitarían construir significados al dejar a disposición del alumno un marco general donde crear vínculos y establecer relaciones no arbitrarias. En la figura 4 presentamos una red conceptual que hemos elaborado a partir del metaconcepto *interacción*, y en la que se pueden percibir algunas relaciones entre conceptos provenientes de las distintas disciplinas que conforman el área de ciencias naturales. A diferencia de los mapas conceptuales, en una trama o red conceptual los conceptos no están ordenados jerárquicamente, y, por lo tanto, podríamos comenzar su lectura por cualquiera de los nodos. En la nuestra le hemos dado mayor jerarquía al concepto estructurante *interacción por motivos didácticos*. A partir de allí pueden desprenderse múltiples relaciones que son siempre personales,

pues, de alguna manera, como los mapas mentales, las líneas de tiempo, los gráficos y los diagramas, etc., las redes conceptuales permiten la visualización del pensamiento (Tishman & Palmer, 2005) del estudiante (o del docente) que las elaboró. Esta trama permite visualizar que nuestro pensamiento paseó por diferentes campos del conocimiento; vemos, por ejemplo, que la interacción entre la Tierra y la Luna produce las mareas; que la interacción entre el Sol y la Tierra no solo determina la órbita de nuestro planeta, sino también, la sucesión de los días y las noches, así como la de las estaciones del año. Otro camino en la misma red nos permite reconocer que las interacciones entre los materiales producen cambios químicos; en tales transformaciones, los átomos que constituyen algunas moléculas se reordenan y producen unas sustancias particulares que no estaban presentes antes del cambio, etc. Los seres humanos aprendimos a provocar esos cambios, necesitamos obtener los materiales para producirlos y explotamos el medio ambiente produciendo modificaciones en el ecosistema que, a su vez, trastocan nuestra forma de vida, etc. Con estos pocos ejemplos, pretendimos mostrar que una red conceptual construida a partir de un concepto estructurante puede integrar diferentes disciplinas incorporando conceptos comunes a varias de ellas.

A ese respecto, un caso interesante del potencial integrador de los conceptos estructurantes se puede encontrar en una ciencia relativamente joven que adopta un enfoque epistemológico holístico y de síntesis: la Ecología. Al abordar el estudio de este campo de conocimiento e identificar los conceptos estructurantes, podemos reconocer la red de relaciones que puede establecerse entre aspectos biológicos, físico-químicos y antropológicos. Eso ha llevado a algunos especialistas a afirmar que la rica gama de conceptos estructurantes (Gagliardi, 1986) que tiene la ecología da una explicación global de la naturaleza y del hombre. A través de su estudio, los alumnos adquieren una comprensión elemental e integrada de los fenómenos propios del mundo viviente, aprecian la importancia de dicho conocimiento en la vida humana y perciben las implicaciones sociales, culturales y éticas (Aguilar, 2012).

La construcción de redes como las mencionadas no solo permite mejores aprendizajes en términos de construcción de significados a estudiantes de un mismo nivel, sino que, al incorporar los conceptos estructurantes, es posible organizar el currículo de ciencias avanzando de un nivel de complejidad a otro mayor, lo cual favorecería retomar algunos conceptos, ampliarlos y resignificarlos gradualmente. Así, al momento de planificar las clases, de establecer secuencias y relaciones para facilitar a los estudiantes la construcción de redes semánticas, los conceptos estructurantes juegan un rol fundamental (Buffa, 2011).

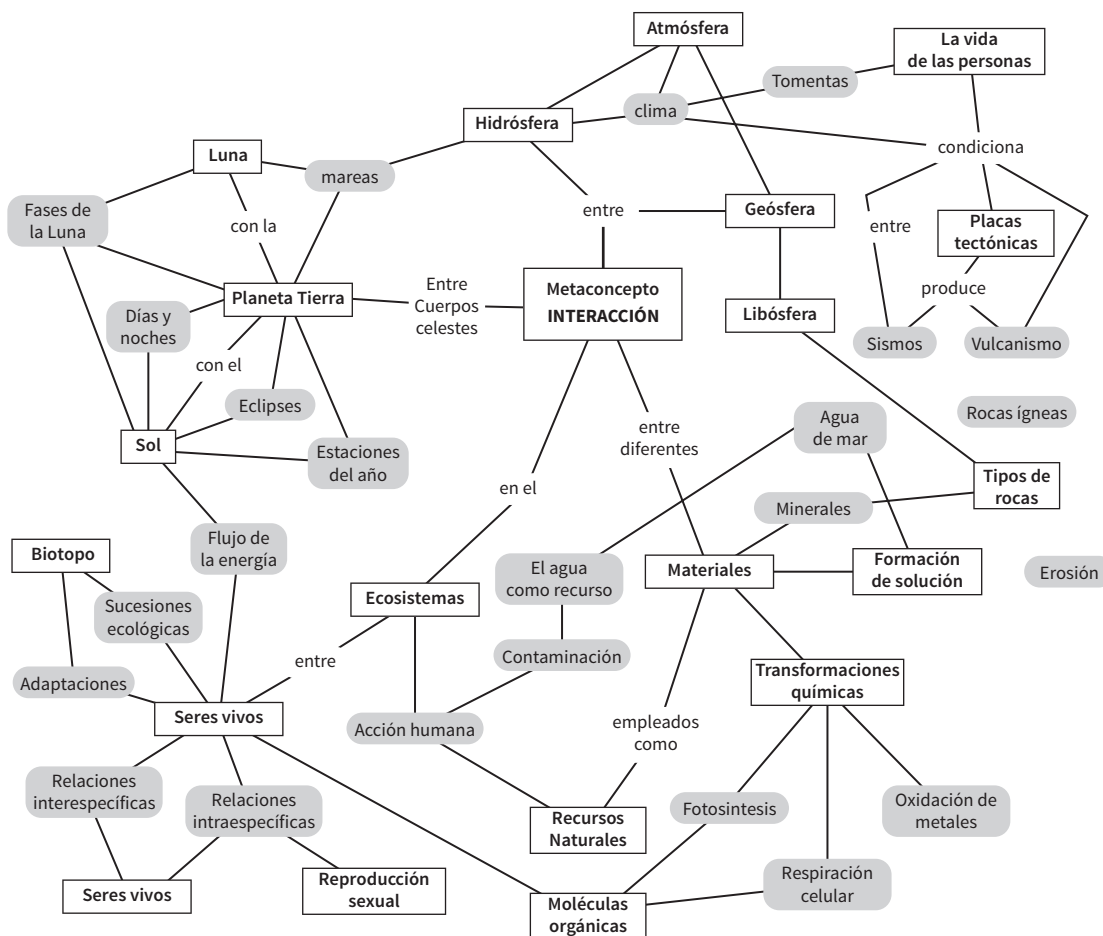


Figura 4. Red conceptual elaborada a partir del metaconcepto *interacción*.

Por supuesto, la red que elaboramos y compartimos (figura 4) es solo un ejemplo, y cada sujeto (docente o estudiante) puede producir una comenzando de cero o tomando algunas relaciones dadas. El grado de generalidad y su complejidad dependerían de los significados construidos por su autor. Entendemos que constituye una herramienta para pensar, seleccionar y ordenar los conceptos relacionados en un recorte de la realidad en torno a los conceptos estructurantes. Así, una de las competencias del docente de ciencia sería la identificación de los conceptos estructurantes del área y la elaboración de tramas de contenidos que le sean útiles para organizar y secuenciar también las actividades de enseñanza. Podemos encontrar en Veglia (2007) interesantes ejemplos de redes conceptuales para pensar la integración del área desde diferentes metaconceptos; también los presenta Fumagalli (1993), en una obra ya clásica para los educadores argentinos.

Siguiendo a Armúa de Reyes, podemos explicar lo que entendemos por *giro metodológico*. Ya no se trataría de un

abordaje analítico de los contenidos, sino de una forma más global e integradora de organizarlos: “trabajar con conceptos estructurantes introduce diferencias en las formas habituales de seleccionar contenidos escolares que se centran en el dato o fenómeno aislado, para dar lugar a propuestas didácticas globalizadoras” (Armúa de Reyes, 2003, en Morales, 2009, p. 188). Pensamos que esa particularidad que adopta la tarea docente desde ese enfoque se manifiesta ya en el momento mismo de presentar los contenidos en la programación de aula (Antúnez et al., 2008) en la que la organización de los contenidos conceptuales debería adoptar una disposición que se ha llamado *visión sintética* (Steiman, 2008).

Pero el empleo de conceptos estructurantes no favorecería tan solo el aprendizaje de contenidos de naturaleza declarativa. En un trabajo más reciente, Merino señala que “Los metaconceptos suponen la creación de un lenguaje común a los diferentes ámbitos del saber, y con ello también contribuyen al acercamiento entre los conocimientos específicos disciplinares, la búsqueda de

correspondencias entre las ideas y conceptos, procedimientos y actitudes” (p. 8); señala eso su potencial integrador no solo de conceptos, sino también, de técnicas, procedimientos, actitudes, valores y disposiciones. Y agrega que “su rasgo peculiar es el de ser “conceptos de síntesis”, lo cual los hace muy útiles para comprender de manera integradora la realidad, y establecer pautas para intervenir favorablemente sobre ella” (Merino, 2004, p. 8).

Queremos resaltar los términos *comprender e intervenir*, pues pensamos que sin comprensión no existe un verdadero aprendizaje, y sin él las posibilidades de intervenir en políticas públicas en materia de medioambiente, de salud, de ciencia y técnica, entre otros temas, se ven limitadas. Recordemos que estamos pensando en la enseñanza de las ciencias dentro del marco de la educación obligatoria; es decir, no se trata solo de la formación de futuros científicos: debemos tener siempre presente que “cuando los estudiantes abandonen la escuela, se convertirán en ciudadanos que desempeñarán diversos papeles sociales -consumidores, padres y madres, profesionales, trabajadores, contribuyentes, etc.-, de modo que se debería educar para ello” (Vázquez et al., 2005).

Conclusiones

En este artículo pretendimos compartir una experiencia innovadora que se organizó en torno a una analogía para la enseñanza de la noción de conceptos estructurantes (Gagliardi, 1986) en el Nivel Superior del Sistema Educativo Argentino. Tal experiencia se desarrolló en el Instituto Superior de Profesorado N° 4, de la ciudad de Reconquista, provincia de Santa Fe dentro del marco de una cátedra de segundo año en la carrera de Educación Primaria. Hemos identificado que los estudiantes tienen muy pocos saberes previos a partir de los cuales aprehender esta categoría conceptual, por lo cual decidimos diseñar e implementar una secuencia de enseñanza que incorporó una analogía a partir de la cual comenzaron a construir nuevos significados. Cabe aquí hacer una aclaración al lector: no se trató de un proyecto de investigación —si bien hemos tenido presente algunos aportes de la investigación-acción (Elliott, 1997)—, sino de una innovación que requiere ser vista con mayor rigor metodológico si es que pretende pasar indemne por el filtro de la vigilancia epistemológica (Bachelard, 1987). En este trabajo hemos encontrado que la comprensión que los futuros profesores de educación primaria alcanzan de este aporte de la didáctica específica de las ciencias naturales (los conceptos estructurantes) es mayor que la que alcanzaban antes de incorporar la analogía. Queda pendiente hacer un estudio más exhaustivo y con una metodología adecuada a la producción de conocimiento científico en ciencias humanas.

Palabras finales

Este año se cumplieron 30 años de las jornadas en las que Gagliardi introduce en el campo de la didáctica de la ciencia la noción de conceptos estructurantes. Pensamos que, a pesar del tiempo transcurrido, dicha categoría conceptual sigue vigente con el fin de comprender la organización de algunos currículos de ciencia para la educación obligatoria (como el de la Provincia de Santa Fe, por ejemplo), a la vez que se vuelve una necesidad incorporarla en la formación inicial de los futuros maestros.

Hemos identificado problemas de comprensión en el nivel superior de formación, donde nos desempeñamos. Por ello, hemos diseñado una secuencia de actividades que emplea una analogía para facilitar el acceso de los futuros maestros a la noción de conceptos estructurantes, y la cual nos ha dado algunas gratificaciones como docentes. Realizamos este esfuerzo porque entendemos que los conceptos estructurantes son una herramienta para seleccionar y organizar los contenidos de enseñanza en un currículo científico adecuado a los tiempos que corren.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología de la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Aguilar, C. (2012). Los conceptos estructurantes de Ecología como fundamento conceptual y metodológico de la Educación Ambiental. *Extramuros*, revista de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile, 67-84.
- Antúnez, S.; Del Carmen, L. Imbernón, F.; Parcerisa, A. y Zabala, A. (2008). *Del Proyecto Educativo a la Programación de Aula*. 1ª edición 1992, 10ª reimpresión 2008. España: Graó.
- Astolfi, J. P. (1993). Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en Ciencias: la forma de franquearlos didácticamente. En *Diez años de investigación en enseñanza de las ciencias*, Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia (C.I.D.E.), p. 289-306.
- Bachelard, G. (1987). *La formación del espíritu científico*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Buffa, L. (2011). Análisis del concepto “Interacción” en el currículum de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Tesis de maestría. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11086/1299>

- Carretero, M. (2012). *El constructivismo como perspectiva abierta y en evolución*, Posgrado en Constructivismo y Educación, Buenos Aires, FLACSO-Argentina y UAM.
- Castorina, J. A. (2003). Las epistemologías constructivistas ante el desafío de los saberes disciplinares. *Psyke*, 12 (2), 15-28.
- Driver, R. (1993). Una visión constructivista del aprendizaje y sus implicaciones para la enseñanza de las Ciencias. En *Diez años de investigación en enseñanza de las ciencias*, Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia (C.I.D.E.), p. 307-330.
- Driver, R. y Oldham, V. (1988). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias. En Porlán, R.; García, E. y Cañal, P. (Comp.) *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Serie Fundamentos Nº 2, Sevilla: Díada, p.113-134.
- Elliott, J. (1997). *La investigación-acción en educación*. Madrid: Morata. 3ª edición (1ª edición, 1990).
- Fernández, I., Gil Pérez, D., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En Gil et al. (eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* (pp. 29-62). Chile: OREALC/UNESCO.
- Fumagalli, L. (1997). *El desafío de enseñar ciencias naturales*. Argentina: Troquel. 3ª reimpresión (1ª edición, 1993).
- Galfrascoli, A. (2014). Un acercamiento a la noción de Conceptos Estructurantes en el Profesorado de Educación Primaria. *Revista Aula Universitaria*, 16, 42-55. Santa Fe: Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.
- Gagliardi, R. (1995). Formación científica y tecnológica para las comunidades tradicionales. *Perspectivas. Revista trimestral de educación comparada*, XXV (1). Ediciones de la Unesco, marzo, p- 59-82.
- García Cruz, C. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la Geología. *Enseñanza de las ciencias*, 16 (2), 323-330.
- Giordan, A. y de Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Serie Fundamentos Nº 1. Sevilla: Díada. 2a ed. (1a edición, 1988).
- González García, F. (1992). Los mapas conceptuales de J. D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias* 10 (2), 148-158.
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Chemical Society – Vol. 92 – Nº 4/6*, 115-136.
- Liguori, L. y Noste, I. (2005). *Didáctica de las Ciencias Naturales*. Rosario: Homo Sapiens.
- Martín del Pozo, R. (1995). El conocimiento escolar y profesional sobre el cambio químico en el diseño curricular Investigando Nuestro Mundo. *Investigación en la escuela*, 27, 39-48.
- Merino, G. (1998). *Enseñar ciencias naturales en el tercer ciclo de la EGB*. Buenos Aires: Aique.
- Merino, G. (2004). *Caracterización del conocimiento escolar “Tejer una trama”*. [En línea] Serie Pedagógica (4-5). Recuperado de: http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.401/pr.401.pdf
- Morales, D. (2009). La enseñanza para la comprensión y los conceptos estructurantes: una estrategia para el desarrollo de los niveles de comprensión de los estudiantes. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 2(1), 187-193.
- Perkins, D. (2003). *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. 3a reimpresión. Barcelona: Gedisa.
- Pozo, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (3), 513-520.
- Pozo, J. I. (2010). El aprendizaje de contenidos escolares y la adquisición de competencias. En Coll, C. (Coord.) *Desarrollo, Aprendizaje y Enseñanza en la Educación Secundaria*. Barcelona: Graó, p. 63-84.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Editorial Morata. 5ª edición, 2006.
- Pozo, J. I., Sanz, A., Gómez Crespo, M. y Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 83-94.
- Pujol, M. (2007). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis.

Steiman, J. (2008). *Más didáctica (en la educación superior)*. Buenos Aires: Miño y Dávila.

Tishman, S. y Palmer, P. (2005). Visible Thinking. *Leadership Compass* 2, Nº 4, p. 1-3.

Vázquez, A., Acevedo, J. y Manassero, M. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanista.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 4(2). [En línea] recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N2.pdf

Veglia, Silvia. (2007). *Ciencias naturales y aprendizaje significativo. Claves para la reflexión didáctica y la planificación*. Argentina: Novedades educativas.